



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **10206104 A**(43) Date of publication of application: **07 . 08 . 98**

(51) Int. Cl.

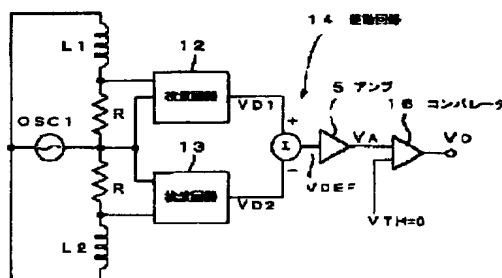
**G01B 7/00****G01D 5/12****G01D 5/245****H02P 5/00**(21) Application number: **09007820**(71) Applicant: **MAKOME KENKYUSHO:KK**(22) Date of filing: **20 . 01 . 97**(72) Inventor: **ARAI EISAKU**(54) **POSITION DETECTING APPARATUS**

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a position detecting apparatus by which the X-axis direction and the Y-axis direction can be discriminated individually with high resolution and which has a sufficient response speed.

**SOLUTION:** A position detecting apparatus is provided with a platen and with detecting coils. It is provided with a movement-side moving element which has a prescribed gap between itself and the platen and with a detection circuit which detects the position on a two-dimensional plane on the platen of the moving element. The position of a moving body due to the movement of the moving element on the two-dimensional platen on the platen is detected. In this case, a high-frequency voltage OSC1 is supplied across a detecting coil L1 and a detecting coil L2, the detection circuit detects a change in the inductance of the detecting coils L1, L2, and the change is fetched as a change in a voltage  $V_0$ .

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-206104

(43)公開日 平成10年(1998) 8月7日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup> 識別記号

G 0 1 B 7/00

G 0 1 D 5/12

5/245

H 0 2 P 5/00

1 0 1

1 0 1

F I

G 0 1 B 7/00

G 0 1 D 5/12

5/245

H 0 2 P 5/00

P

D

1 0 1 Q

1 0 1 C

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願平9-7820

(22)出願日 平成9年(1997) 1月20日

(71)出願人 000137340

株式会社マコメ研究所

長野県上伊那郡箕輪町大字中箕輪字大道上  
10800の11

(72)発明者 新井 栄作

東京都大田区西蒲田7丁目32番6号 株式  
会社マコメ研究所内

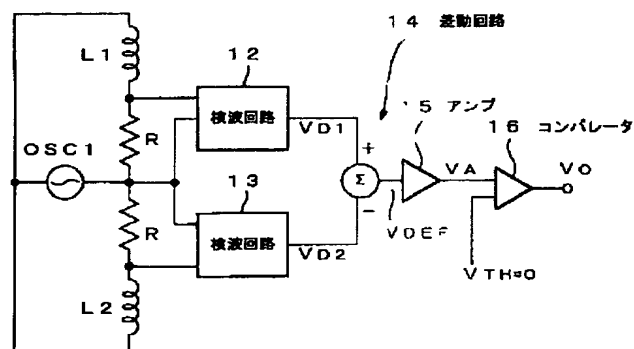
(74)代理人 弁理士 松隈 秀盛

(54)【発明の名称】 位置検出装置

(57)【要約】

【課題】 高分解能でX軸方向とY軸方向を個別に弁別でき、十分な応答速度を有する位置検出装置の提供を目的とする。

【解決手段】 この位置検出装置は、プラテンと検出コイルとを有して、プラテンとの間に所定の空隙を有する移動側の移動子と、移動子のプラテン上の2次元平面上の位置を検出する検出回路とを有し、プラテン上の2次元平面上の移動子の移動による移動体の位置を検出する位置検出装置において、検出コイルL1、L2に高周波電圧OSC1を供給し、検出回路は検出コイルL1、L2のインダクタンス変化を検波することにより電圧V<sub>0</sub>の変化として取り出すようにした。



本実施の形態の差動検出回路を示す図

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 X軸および上記X軸に直交するY軸による2次元平面上の任意の方向に移動体を移動可能にするものであって、

固定側のヨークであり格子状の溝を有するプラテンと、永久磁石とコイルを巻いたヨークとを設けた検出コイルとを有して上記プラテンとの間に所定の空隙を有する移動側の移動子と、上記移動子の上記プラテン上の2次元平面上の位置を検出する検出回路とを有し、

上記プラテン上の2次元平面の上記移動子の移動による移動体の位置を検出する位置検出装置において、

上記検出コイルに高周波電圧を供給し、上記検出回路は上記検出コイルのインダクタンス変化を検波することにより電圧の変化として取り出すようにしたことを特徴とする位置検出装置。

【請求項2】 請求項1記載の位置検出装置において、少なくとも2つの上記検出コイルを上記プラテンの溝の山と谷の位置に配置して、上記検出回路は、少なくとも2つの上記検出コイルの検波出力電圧の差を検出信号とするようにしたことを特徴とする位置検出装置。

【請求項3】 請求項1記載の位置検出装置において、上記検出回路の互いに90度位相がずれた2つの正弦波からなる検出信号を内挿することにより高分解能化するようにしたことを特徴とする位置検出装置。

【請求項4】 請求項1記載の位置検出装置において、上記検出コイルの検出方向の上記ヨークの板厚は、上記プラテンの溝幅に対して薄くするようにしたことを特徴とする位置検出装置。

【請求項5】 請求項1記載の位置検出装置において、上記検出コイルの検出方向と直交する上記ヨークの板幅は、上記プラテンの溝ピッチの整数倍にするようにしたことを特徴とする位置検出装置。

【請求項6】 請求項1記載の位置検出装置において、上記プラテンの溝の山と谷は、上記検出コイルのヨークとプラテン間の磁気抵抗の変化として上記検出回路において検出し、上記検出コイルのインダクタンスの変化に変換するようにしたことを特徴とする位置検出装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、例えば、移動体を平面上で移動させる2次元リニアパルスモータ（以下、「2次元LPM」という。）の位置を検出する位置検出装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 LPM（リニアパルスモータ）は、入力パルス信号によってコイルの励磁条件が変わる度に正確に一定ピッチ（ステップ量）ずつ直線方向に歩進運動するリニアモータである。回転型パルスモータが入力信号に応じて一定回転角ずつ回転するのと動作原理は同一であるため、両者の特性には相似性があり、回転型パルス

モータと同様にして移動体を移動させる際に使用することができる。LPMは、直線的に移動体の直線運動が得られるため、ベルト、チェーン等の運動変換機構のないダイレクトドライブ方式で、しかもオープン制御が可能となるので、保守、機構上の利点がある。

【0003】 このようなLPMを用いてX軸およびY軸の直交座標系で2次元LPMを構成し、2次元平面上で例えば半導体加工装置の精密位置決め機構に用いるようにしていた。2次元LPMは、X軸およびY軸による2次元平面上の任意の方向に移動体を移動可能にするものである。この2次元LPMは、固定側のヨーク（以下、「プラテン」という。）と、移動側の移動子とを有して構成される。図20に平面および断面をそれぞれ示すように、一方の固定側のヨークは格子状に溝を切るようにした純鉄の板により構成されている。このような固定側のヨークの溝および溝と溝の間隔、溝の深さは例えば0.5mmで構成される。

【0004】 他方の移動側の移動子は、永久磁石とコイルを巻いたヨークとを有して構成されている。そして、移動子がプラテンに密着しないように移動子とプラテンとの間に圧縮空気が送り込まれることにより、移動子はプラテンから約20μmの空隙を有して浮上して構成されている。また、移動子は、図21に示すように、永久磁石PMと、2個のコアEMAおよびコアEMBとを有し、各コアに2個ずつ合計4個の磁極を有し、各コアに対してもそれぞれの2個の磁極に対しても巻き方向が逆でそれぞれの2個の磁極に対して直列に接続されたコイルaおよびbを有して構成される。

【0005】 このように構成された2次元LPMは、以下のように動作する。なお、X軸およびY軸の動作は同様であるので、ここではX軸またはY軸の一方のLPMの動作についてのみ説明する。図21Aの状態においては、コイルaに矢印の一方の方向に励磁電流が印加されたとき、磁極1には永久磁石PMによる磁束とコイルaによる磁束とを加算した磁束が発生する。磁極2には永久磁石PMによる磁束からコイルaによる磁束が減算されて磁束は零になる。磁極3および磁極4による磁束はバランスする。これにより図21Aの状態では磁極1の位置が安定位置となる。この状態をモード1とする。

【0006】 次に、図21Bの状態においては、コイルbに矢印の一方の方向に励磁電流が印加されたとき、磁極1および磁極2による磁束はバランスする。磁極3には永久磁石PMによる磁束からコイルbによる磁束が減算されて磁束は零になる。磁極4には永久磁石PMによる磁束とコイルbによる磁束とを加算した磁束が発生する。これにより図21Bの状態では磁極4の位置が安定位置となる。この状態をモード2とする。

【0007】 また、図21Cの状態においては、コイルaに矢印の他方の方向に励磁電流が印加されたとき、磁極1には永久磁石PMによる磁束からコイルaによる磁

10

20

30

40

50

束が減算されて磁束は零になる。磁極2には永久磁石PMによる磁束とコイルaによる磁束とを加算した磁束が発生する。磁極3および磁極4による磁束はバランスする。これにより図21Cの状態では磁極2の位置が安定位置となる。この状態をモード3とする。

【0008】次に、図21Dの状態においては、コイルbに矢印の他方の方向に励磁電流が印加されたとき、磁極1および磁極2による磁束はバランスする。磁極3には永久磁石PMによる磁束とコイルbによる磁束とを加算した磁束が発生する。磁極4には永久磁石PMによる磁束からコイルbによる磁束が減算されて磁束は零になる。これにより図21Dの状態では磁極3の位置が安定位置となる。この状態をモード4とする。

【0009】このようにして、図21A～図21Dのモード1～4の状態の繰り返しにより磁極1～4の磁束が永久磁石の磁束と加減され、移動子と固定子の安定位置が変化する。すなわち、4モード（4ステップ）で一周期が完了して固定子のピッチPだけ移動子が移動して元の位置関係に戻る。従って、1モード当たりの移動量（ステップ量）は、 $P/4$ となる。ここでは、常時いずれか一つのコイルに励磁電流が流れるようにする1相励磁による動作のみを示しが、2相励磁により動作するようにしても同様である。

#### 【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかし、従来の2次元LPMでは、制御信号による送り量と実際の移動子の移動量にズレが生じる、いわゆる移動子の脱調を検出し、システムの信頼性を高めるため、1mmピッチの高精密な位置フィードバックの要求が高まった。また、反射型光センサにより移動子の位置検出を行う場合には、プラテンの汚れや錆等で誤動作するという不都合があった。また、高周波型近接スイッチでは、分解能が数mm以上であるため1mmピッチのプラテンの凹凸を弁別することはできないという不都合があった。また、歯車センサと呼ばれる歯車の凹凸を検出するセンサでは、モジュール1のピッチ3.14mmが限界であり、1mmピッチは検出することはできない。また、例え高分解能のセンサが開発されてもX軸方向とY軸方向とを区別することはできないという不都合があった。

【0011】本発明は、かかる点を考慮してなされたものであり、高分解能でX軸方向とY軸方向を個別に弁別でき、充分な応答速度を有する位置検出装置の提供を目的とする。

#### 【0012】

【課題を解決するための手段】本発明の位置検出装置は、X軸および上記X軸に直交するY軸による2次元平面上の任意の方向に移動体を移動可能にするものであって、固定側のヨークであり格子状の溝を有するプラテンと、永久磁石とコイルを巻いたヨークとを設けた検出コイルとを有して上記プラテンとの間に所定の空隙を有す

る移動側の移動子と、上記移動子の上記プラテン上の2次元平面上の位置を検出する検出回路とを有し、上記プラテン上の2次元平面の上記移動子の移動による移動体の位置を検出する位置検出装置において、上記検出コイルに高周波電圧を供給し、上記検出回路は上記検出コイルのインダクタンス変化を検波することにより電圧の変化として取り出すようにしたものである。

【0013】また、本発明の位置検出装置によれば、以下の作用をする。検出コイルはプラテンの溝を検出すると、その磁気抵抗の変化により、インダクタンスが変化する。インダクタンスの変化は、検出回路により電圧の変化に変換される。この検出回路は、高周波発振器より直列抵抗器を介して検出コイルに高周波電圧を供給し、検出コイルのインダクタンスの変化を検波回路により検出電圧の変化に変換するようにしている。

【0014】検出コイルがプラテン上を検出方向に移動したときの検出回路における各部の信号波形は以下のようになる。高周波電圧は検出コイルに供給される電圧であり、検出電圧は高周波電圧のプラス方向の電圧を検波した電圧である。ここで、しきい値を電圧振幅の中心に設定して、このしきい値と比較出力することにより、2値化されたパルス信号が得られる。このパルス信号をさらにカウンタで計数することにより、検出コイルの移動距離を求めることができる。

#### 【0015】

【発明の実施の形態】以下、本実施の形態について説明する。本実施の形態は、上述した2次元LPMの移動子上に検出素子を設け、高周波近接型スイッチの技術を応用して検出素子の形状に特徴を持たせることにより、1mmピッチのプラテンの凹凸を弁別することができる高分解能と、X軸方向とY軸方向とを個別に弁別して検出方向に指向性を持たせて直角方向の凹凸は検出しないようにして検出方向の指向性を得るようにしたものである。

【0016】まず、本実施の形態の位置検出装置の基本的構成及び動作原理を説明する。まず、図1～図3を用いて検出素子の形状とプラテンに対する配置を示す。図1に検出素子とプラテンの正面図を示し、図2に検出素子とプラテンの側面図を示し、図3に検出素子とプラテンの平面図を示す。検出素子1は、高さh、幅d、厚さtの略エ字状の板状の高透磁率の磁性体のコア2を有し、中央のくびれ部分にコイル3が巻回されている。このコイル3には端子4、5を介して後述する高周波電流が印加される。また、プラテン6はピッチPで格子状に溝が形成されていて、検出素子1の検出側端部とプラテン6上面とが所定のギャップGを有するように検出素子1が2次元LPMを用いて検出方向に移動可能に構成されている。また、図1～図3に図示した検出方向と直交する方向の位置を検出する場合には、検出素子1の配置を高さh方向を回転軸として検出素子1を90度回転さ

せて配置すればよい。この場合、例えば、検出素子1の  
高さ $h=5\text{ mm}$ 、幅 $d=4\text{ mm}$ 、厚さ $t=0.05\text{ mm}$   
で、プラテン6のピッチ $P=1$ 、検出素子1とプラテン  
6とのギャップ $G=0.1$ である。

【0017】このように構成された検出素子1（以下  
「検出コイル」という。）に高周波電流を印加してプラ  
テン6に所定のギャップ $G$ を経て近接させると、検出コ  
イル1とプラテン6との間に次の2つの物理現象が作用  
する。第1の物理現象は、検出コイル1から発生する磁  
束によってプラテン6の表面に発生する渦電流である。  
この渦電流は検出コイル1から発生する磁束を打ち消す  
方向に流れるため、磁気抵抗が増加してコイルのインダ  
クタンスは減少する。第2の物理現象は、この検出コイ  
ル1を用いた位置センサの主な動作原理であり、検出コ  
イル1のコア2のヨークとプラテン6との間で形成され  
る磁気回路に関する作用である。検出コイル1の周囲に  
何も無い場合、磁束はヨークの一方の端から出て他方の  
端に戻る。この磁束の経路を磁気回路で表すと、以下の  
図4のようになり、コイルの磁束は数1式のようにな  
る。ここで、 $\Phi$ はコイル中を通る磁束、 $N$ はコイルの巻  
数、 $I$ はコイルに流れる電流、 $R_r$ はヨークの磁気抵抗、  
20  $R_a$ は空気中の経路の磁気抵抗であり、 $NI$ は電気  
回路の電圧に対して起磁力と呼ばれる。

【0018】

【数1】 $\Phi = NI / (R_r + R_a)$

【0019】この場合、空気中の経路の磁気抵抗 $R_a$ は  
大きく、ヨークの磁気抵抗 $R_r$ はヨークの透磁率が大き  
いため、 $R_r$ は小さな値となる。 $(R_a \gg R_r)$ ここ  
で、検出コイル1をプラテン6に近づけると、磁気回路  
は以下の図5のように表すことができ、コイル1の磁束  
は数2式のようになる。ここで、 $\Phi'$ はプラテン6近接  
時のコイル1中を通る磁束、 $R_a'$ はプラテン6近接時  
の空気中の経路の磁気抵抗、 $R_c$ は検出コイル1のヨー  
クとプラテン6間の空隙の磁気抵抗、 $R_p$ はプラテン6  
の磁気抵抗である。

【0020】

【数2】 $\Phi' = NI / (R_r + R_a' + R_c + R_p)$

【0021】この場合、図5に示す検出コイル1のヨー  
クとプラテン6間の空隙 $G$ が充分小さければ、数1式と  
数2式の関係は次のようになる。つまり、プラテン6の  
磁気抵抗 $R_p$ はプラテン6の材質が純鉄であるため、上  
述したヨークの磁気抵抗 $R_r$ と同様に小さい。また、磁  
束の経路にプラテン6が介在するので、空気中の経路が  
短くなるため以下の数3式、数4式のようになる。

【0022】

【数3】 $R_a > R_a' + R_c + R_p$

【0023】

【数4】 $\Phi < \Phi'$

【0024】また、コイルのインダクタンス $L$ とコイル  
中を通る磁束 $\Phi$ とコイルの電流 $i$ との関係は以下の数5

式のようになる。

【0025】

【数5】 $L = N (d\Phi / di)$

【0026】つまり、検出コイル1がプラテン6に近づ  
くと、コイルの磁束 $\Phi$ が増加し、コイルのインダクタ  
ンス $L$ が増加する。検出コイル1とプラテン6との間で作  
用する2つの効果、つまり渦電流によるインダクタンス  
の減少と磁気抵抗の低下によるインダクタンスの増加  
は、相反する関係にある。そこで、本実施の形態の位置  
検出装置の位置センサでは、渦電流の効果を少なくする  
ため発振周波数を適切（例えば低め）に設定している。

【0027】さて、上述したように、プラテン6の細か  
な溝を読み取り、検出方向に指向性を持たせるには、検  
出コイル1のヨークの形状が重要な要素となる。上述し  
た図1～図3に示した検出コイル1の形状で板厚 $t$ と幅  
 $d$ の値が重要となる。まずプラテン6の溝を弁別するた  
めに検出コイル1の板厚 $t$ は溝幅（ $0.5\text{ mm}$ ）より充  
分小さい必要がある。本実施の形態の位置検出装置の位  
置センサでは、溝幅の $1/10$ である $0.05\text{ mm}$ とし  
た。図2の側面図において検出コイル1を矢印の検出方  
向に移動させると、溝の山と谷で磁気抵抗が変化し、こ  
の磁気抵抗の変化により移動量を読み取ることができ  
る。

【0028】次に、検出コイル1が検出方向に対して直  
角の方向に移動する場合を考える。図1の正面図におい  
て、検出コイル1のヨークとプラテン6間の磁気抵抗  
は、ヨークの幅 $d$ の範囲内におけるそれぞれの山と谷の  
磁気抵抗を総合（並列接続）したものとなる。同図で検  
出コイル1が左右に移動したとき、磁気抵抗が変化しな  
いようにするには、以下の数6式に示すように、ヨーク  
の幅 $d$ をプラテン6の山と谷の周期（ピッチ $P$ ）の整数  
倍にすれば良い。ここで、 $n=0, 1, 2, \dots$ の整  
数、 $d$ はヨークの幅、 $P$ はプラテンの幅ピッチである。

【0029】

【数6】 $d = (1+n)P$

【0030】また、 $n$ の値は大きいほどピッチ誤差によ  
る変動を小さくすることができる。本実施の形態の位置  
検出装置の位置センサでは、ヨークの幅 $d$ は溝ピッチの  
4倍（ $n=3$ ）とした。またここで、上述したように、  
図5に示した磁気回路で空気中の経路の磁気抵抗 $R_a'$   
はヨークとプラテン6間の $R_c$ に対してかなり大きな値  
となり、このため $R_c$ の変化を効率的にとらえることが  
できない。そこで、図6に示すように、効率のよいヨー  
ク形状にすることにより、ヨークとプラテン6の磁気結  
合を密にすることで検出感度をより一層向上させること  
ができる。この場合、図6において示すように、検出コ  
イル7の略コ字状のコア8のプラテン6に対向する検出  
端部を検出方向に複数箇所設けて、検出端部の間の幅 $d$   
2のくびれ部分にコイル9を巻回し、 $n=0, 1, 2, \dots$   
・・・、 $P$ はプラテン6の溝ピッチに対して、それぞれの

検出端部の幅  $d1 = (1+n)P$ 、 $d2 =$ 任意、とするようにしてもよい。

【0031】次に、検出回路の構成及び動作の基本原則について説明する。この検出回路は、図7に示すように、高周波電流を発生する高周波発振器OSC1と、検出コイルL1と、高周波電圧 $V_{R1}$ を検出するための直列抵抗器R1と、検波回路10を構成するダイオードD1、コンデンサC1、検出電圧 $V_{R2}$ を検出するための抵抗器R2とを有する。

【0032】このように構成された検出回路10は、以下のような動作をする。上述したように、検出コイルL1はプラテン6の溝を検出すると、その磁気抵抗の変化により、インダクタンスが変化する。インダクタンスの変化は、図7の検出回路により電圧の変化に変換される。この検出回路は、高周波発振器OSC1より直列抵抗器R1を介して検出コイルL1に高周波電圧 $V_{R1}$ を供給し、検出コイルL1のインダクタンスの変化を検波回路により検出電圧 $V_{R2}$ の変化に変換するようにしている。

【0033】図8、図9は検出コイルL1がプラテン6上を検出方向に移動したときの図7の検出回路における各部の信号波形である。図8において、高周波電圧 $V_{R1}$ は検出コイルL1に供給される電圧であり、図9において、検出電圧 $V_{R2}$ は高周波電圧 $V_{R1}$ のプラス方向の電圧を検波した電圧である。ここで、しきい値 $V_{TH}$ を電圧振幅の中心に設定して、例えば図示しないコンパレータ回路に入力することにより、2値化されたパルス信号が得られる。このパルス信号をさらに図示しないカウンタで計数することにより、検出コイルL1の移動距離を求めることができる。

【0034】以上、検出回路の動作原理を説明したが、以下に実用的な検出回路について構成及び動作を説明する。図9に示した検出電圧 $V_{R2}$ は、検出コイルとプラテン間の空隙や、高周波発振器OSC1の周波数、振幅変化によって変動する。このため、コンパレータのしきい値 $V_{TH}$ が固定値の場合、動作環境の制約が多くなり、より実用的な検出回路が要求される。そこで、このような要求を満足するため、検出コイルと図7に示した検出回路を2組設けて、それらの出力を差動的に合成する検出回路を開発した。

【0035】まず、図10を用いて検出コイルの配置について説明する。2つの検出コイル11(L1, L2)はそれぞれのインダクタンス変化が逆相(180度位相)になるように配置する。検出コイル11の配列ピッチQは、Pをプラテン6の溝ピッチとし、 $n=0, 1, 2, \dots$ とすると以下の数式のようにになる。

【0036】

【数7】 $Q = (1/2)(1+2n)P$

【0037】本実施の形態の位置検出装置の位置センサでは、 $n=1$ として、 $Q = (3/2)P$ として、2つの

検出コイルが逆位相になるように配置するようにした。

【0038】次に図11を用いて差動検出回路について説明する。この差動検出回路は、図11に示すように、高周波電流を発生する高周波発振器OSC1と、検出コイルL1と、直列抵抗器R1と、検出コイルL2と、直列抵抗器R1と、検出コイルL1の電圧を検出する第1の検波回路12と、検出コイルL2の電圧を検出する第2の検波回路13と、第1の検波回路12の検波出力 $V_{D1}$ と第2の検波回路13の検波出力 $V_{D2}$ との差を出力する差動回路14と、差動回路14の差動出力 $V_{DEF}$ を増幅するアンプ15と、アンプ15の増幅出力 $V_A$ としきい値 $V_{TH}$ とを比較して検出出力 $V_O$ を出力するコンパレータ16とを有する。なお、第1の検波回路12および第2の検波回路13の構成は、図7に示したものと同様であるのでその説明を省略する。

【0039】このように構成された実用的な検出回路の動作を以下に説明する。検出コイルL1による検波出力 $V_{D1}$ は図12Aに示すように所定のプラス電位を中心とした振幅電圧波形となる。検出コイルL2による検波出力 $V_{D2}$ は図12Bに示すように検波出力 $V_{D1}$ と同じ所定のプラス電位を中心とし、検波出力 $V_{D1}$ と逆相の振幅電圧波形となる。この検波出力 $V_{D1}$ と検波出力 $V_{D2}$ との差の電圧が図12Cに示す差動出力 $V_{DEF}$ となる。この差動出力は増幅出力 $V_A$ に増幅されて、しきい値 $V_{TH}$ と比較されて検出出力 $V_O$ となる。

【0040】ここで、検波出力 $V_{D1}$ と検波出力 $V_{D2}$ の振幅の中心電圧(オフセット電圧)は、次の動作条件によって変化する。第1に検出コイルL1, L2とプラテン間の空隙、第2にプラテンの磁気特性、第3に発振回路の周波数、第4に発振回路の出力振幅である。

【0041】これらの条件変化によって表せる検波出力電圧 $V_{D1}$ と $V_{D2}$ の変化はそれぞれ同じ絶対値と逆の向きになるため、差動出力電圧 $V_{DEF}$ の中心電圧は常にゼロに保たれる。ここで、コンパレータ16のしきい値 $V_{TH}$ をゼロに設定することにより、上述した動作条件の変化の影響を受けることなく、安定した検出出力パルス $V_O$ を得ることができる。

【0042】この場合の、アンプ15の出力である増幅出力 $V_A$ の実測波形を図13に示す。ここでは、アンプ15のゲインを10倍とし、検出コイルL1, L2とプラテン6との空隙を0.05mmとし、発振器振幅を5V<sub>PP</sub>(ピークツウピーク)としたとき、検出コイルL1, L2(ヘッド)を手で持ってプラテン6上を検出方向に滑らせたときの波形を示す。

【0043】以上述べたような検出コイルと検出回路を前提として、実際に2次元LPMにより駆動されるヘッドに搭載される位置検出装置としてのリニアエンコーダ(リニアスケール)に用いる際の構成および動作について説明する。上述した図10に示した検出コイルおよび図11に示した差動検出回路では、移動体の移動距離は

計測することができるが、移動方向を計測することができない。そこで、図14に示すように、検出コイル17 (L1, L2, L3, L4) は、移動方向を弁別するために、図10に示した検出コイルを2組設けて、それぞれの位相差を90度 ( $1/4 \cdot P$ ) に配置するようにする。ここで、 $n=0, 1, 2, \dots, P$  をプラテン6の溝のピッチとしたとき、それぞれの検出コイル17の間隔dは以下の数8式で表すことができる。

【0044】

【数8】  $d = (1/4) (1 + 2n) P$

【0045】次に、図15に示すように、エンコーダ出力回路は、検出コイルL1およびL2の1ペアの電圧変化を差動検出回路A18で合成し、検出コイルL3およびL4の1ペアの電圧変化を差動検出回路B19で合成するように構成する。ここで、差動検出回路A18および差動検出回路B19の構成および動作は図11に示したものに对应する。このように構成されたエンコーダ出力回路は、差動検出回路A18および差動検出回路B19からそれぞれA相出力およびB相出力が得られる。図16に差動検出回路A18および差動検出回路B19から得られるA相出力およびB相出力の波形を示す。図16において、A相出力およびB相出力はそれぞれプラテン6の溝のピッチPを1周期として、 $(1/4) \cdot P$ 位相が異なる (A相出力がB相出力に対して進み位相) 波形となる。そして、一点鎖線の位置で移動体の移動方向が反転すると、A相出力およびB相出力の位相が反転して、A相出力がB相出力に対して遅れ位相の波形となる。このようにして、移動方向弁別可能なエンコーダ出力を得ることができる。

【0046】上述した図14～図16の説明は2次元平面の一方の軸について説明したが、2次元平面上の移動体の移動距離をX軸成分とY軸成分とに分けて個別に計測できるように、図17に検出コイルの平面を示すように、図14に示した検出コイル20、21を2次元平面上でそれぞれ90度の角度を有するように配置するようにすればよい。

【0047】また、より一層高分解能のエンコーダ出力を得るために、以下のように構成しても良い。上述した図14～図16に示したエンコーダ回路の分解能は  $(1/4) \cdot P (=0.25 \text{ mm})$  である。ここで、LPMのステップピッチはマイクロステップ駆動を行うことによりかなり高い分解能を得ることができる。そこで、本実施の形態の位置検出装置としてのリニアエンコーダにおける高分解能の可能性を検討してみる。

【0048】図18に示すように、図15に示した差動検出回路A18およびB19のうち図11に示した最終段のコンパレータ16を除き、A相およびB相のアンプ25、29の出力を内挿回路30に供給して、より高分解能にするようにしてもよい。ここで、A相およびB相のアンプ25、29の出力は、図12Cに示すように、

サイン関数またはコサイン関数の三角関数であるので、内挿回路30による内挿 (高分解能化) を行うことができる。この内挿回路30は、例えば、図19に示すように構成することができる。この内挿回路30は、特願昭64-49914号特許出願の明細書に記載されているものである。この内挿回路30は、信号源から信号Aおよび位相の異なる信号Bを増幅回路31、33で増幅した後に、この信号をA/D変換回路32、34に供給する。A/D変換回路32、34は供給されたアナログ信号をデジタル信号に変換して、ROM35等の記憶手段に供給する。ROM35等の記憶手段は内挿した角度データを記憶していて、A/D変換回路32、34からのデジタル信号をアドレスとし、このアドレスに対応する角度データを出力する。ROM35等の記憶手段から出力された角度データは処理回路36に供給され、処理回路36により信号処理される。

【0049】ここで、このA/D変換回路32、34とROM35等の記憶手段のアドレスと記憶内容との関係を説明する。横軸をX方向のアドレス、縦軸をY方向のアドレスとし、各アドレスはA/D変換回路32、34によってデジタル信号に変換された正弦波および余弦波の値に対応している。例えば、各アドレスを8ビットで表した場合には、各軸の値は0から255までの256個のアドレスによって構成される各格子に対応する位置に記憶内容が格納されている。このような記憶内容は、以下のようにして予め求めておく。ここでは、検出信号の1周期を複数に分割したときのアドレスに対応する角度データを信号の位相に対応する内挿データとして求めるようにする。また、他の方法として、例えば、A/D変換回路32、34とROM35を用いなくても、A相正弦波信号と、B相余弦波信号とから、A相正弦波信号と位相角180度の逆A相信号を求める。そして、位相角がそれぞれ0度、90度、180度であるA相、B相、逆A相の3相信号を重み付け加算することによって、中間の位相角信号を作り出す。このようにして作られた正弦波のゼロクロスを検出して、パルス信号を生成するようにしてもよい。また、他の方法として、抵抗分割による重み付け加算方式を用いてもよい。このように多分解することにより、原理的にはいくらかでも分割数を上げることができ、これにより高分解能の出力を得ることができる。

【0050】ここで、内挿による分解能と位置精度は三角関数の関数精度による限界があるが、検出コイルとプラテン間の空隙をかなり狭くすると波形の歪が大きくなることが実験により確認されているので、空隙の有効範囲に制約を設けることにより、波形歪のない検出信号を得ることができる。

【0051】以上述べたように、本実施の形態の位置検出装置は、以下のような特徴点を有する。まず、検出コイルに関しては、以下の3点である。第1に分解能を上

げるために検出コイルのヨークの板厚は、プラテンの溝幅に対して充分薄くすること。第2に検出方向に指向性を持たせるために、検出コイルのヨークの板幅は、プラテンの溝ピッチの整数倍にすること。第3にプラテンの溝の山と谷は、検出コイルのヨークとプラテン間の磁気抵抗の変化として捕らえ、検出コイルのインダクタンスの変化に変換すること。

【0052】次に、検出回路については、以下の3点である。第1に検出コイルに高周波発振回路より直列抵抗器を介して電圧を供給し、検出コイルのインダクタンス変化を検波回路により電圧の変化として取り出すこと。第2に検出コイル2つをプラテンの山と谷の位置（180度の位相差）に配置して、2つの検波出力電圧の差を検出信号とすることにより、検出コイルとプラテン間の空隙や発振周波数等の変化の影響を受けなくしたこと。第3に検出信号を内挿することにより高分解能化すること。

#### 【0053】

【発明の効果】この発明の位置検出装置は、X軸および上記X軸に直交するY軸による2次元平面上の任意の方向に移動体を移動可能にするものであって、固定側のヨークであり格子状の溝を有するプラテンと、永久磁石とコイルを巻いたヨークとを設けた検出コイルとを有して上記プラテンとの間に所定の空隙を有する移動側の移動子と、上記移動子の上記プラテン上の2次元平面上の位置を検出する検出回路とを有し、上記プラテン上の2次元平面上の上記移動子の移動による移動体の位置を検出する位置検出装置において、上記検出コイルに高周波電圧を供給し、上記検出回路は上記検出コイルのインダクタンス変化を検波することにより電圧の変化として取り出すようにしたので、従来の高周波近接型スイッチの検出回路を応用した簡易な構成で高分解能の位置検出をすることができ、X方向およびY方向を個別に弁別することができ、充分な応答速度で位置検出できるという効果を奏する。

【0054】また、この発明の位置検出装置は、上述において、少なくとも2つの上記検出コイルを上記プラテンの溝の山と谷の位置に配置して、上記検出回路は、少なくとも2つの上記検出コイルの検波出力電圧の差を検出信号とすることにしたので、検出コイルとプラテン間の空隙や発振周波数等の変化の影響を受けることなく、位置検出することができるという効果を奏する。

【0055】また、この発明の位置検出装置は、上述において、上記検出回路の互いに90度位相がずれた2つの正弦波からなる検出信号を内挿することにより高分解能化するようにしたので、1mmピッチのプラテンの凹凸を弁別することができるという効果を奏する。

【0056】また、この発明の位置検出装置は、上述において、上記検出コイルの検出方向の上記ヨークの板厚は、上記プラテンの溝幅に対して薄くするようにしたので、

で、検出方向の検出コイルの板厚が検出の邪魔にならず、高分解能の位置検出をすることができるという効果を奏する。

【0057】また、この発明の位置検出装置は、上述において、上記検出コイルの検出方向と直交する上記ヨークの板幅は、上記プラテンの溝ピッチの整数倍にすることにしたので、検出方向に指向性を持たせることができるという効果を奏する。

【0058】また、この発明の位置検出装置は、上述において、上記プラテンの溝の山と谷は、上記検出コイルのヨークとプラテン間の磁気抵抗の変化として上記検出回路において検出し、上記検出コイルのインダクタンスの変化に変換するようにしたので、プラテンの溝の山と谷とを磁気抵抗の変化として検出することができるという効果を奏する。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態の検出コイルの基本的形状と配置を示す正面図である。

【図2】本発明の実施の形態の検出コイルの基本的形状と配置を示す側面図である。

【図3】本発明の実施の形態の検出コイルの基本的形状と配置を示す平面図である。

【図4】本発明の実施の形態の検出コイルの動作原理の磁気回路を示す図である。

【図5】本発明の実施の形態の検出コイルの動作原理の空気中の経路を考慮した磁気回路を示す図である。

【図6】本発明の実施の形態の効率の良い検出コイルのヨーク形状を示す図である。

【図7】本発明の実施の形態の検出回路を示す図である。

【図8】本発明の実施の形態の検出回路の信号波形を示す図である。

【図9】本発明の実施の形態の検出回路の信号波形を示す図である。

【図10】本発明の実施の形態の実用的な検出コイルの配置を示す図である。

【図11】本発明の実施の形態の差動検出回路を示す図である。

【図12】本発明の実施の形態の差動検出回路の信号波形を示す図であり、図12Aは $V_{D1}$ 、図12Bは $V_{D2}$ 、図12Cは $V_{DEF}$ を示す。

【図13】本発明の実施の形態の差動検出回路のアンプ出力電圧の検出信号波形を示す図である。

【図14】本発明の実施の形態の2相出力のための検出コイルの配置を示す図である。

【図15】本発明の実施の形態の2相出力のためのエンコーダ出力回路を示す図である。

【図16】本発明の実施の形態の2相出力信号波形を示す図である。

【図17】本発明の実施の形態の2次元センサとしての



13

検出コイルの配置を示す図である。

【図18】本発明の実施の形態の高分解能エンコーダ出力回路を示す図である。

【図19】本発明の実施の形態の内挿回路の構成を示す図である。

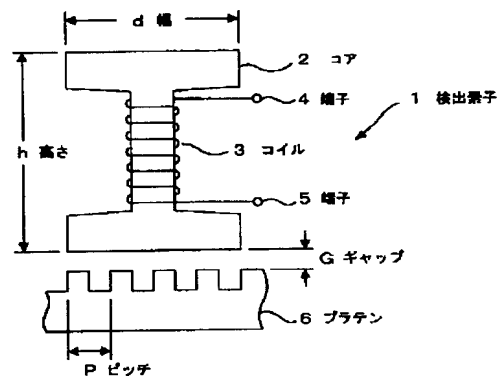
【図20】従来の2次元LPMの固定側ヨーク（プラテン）の構造を示す図である。

【図21】従来の2次元LPMの動作原理を示す図であり、図21Aはモード1、図21Bはモード2、図21Cはモード3、図21Dはモード4を示す。

【符号の説明】

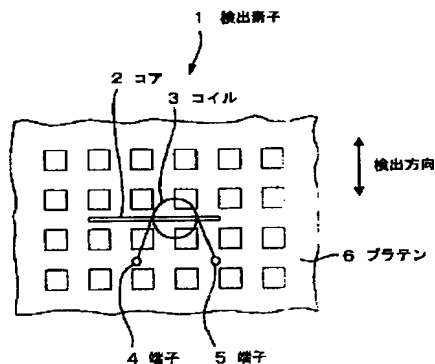
1 検出素子、2 コア、3 コイル、4、5 端子、\*

【図1】



本実施の形態の検出コイルの基本的形状と配置を示す正面図

【図3】



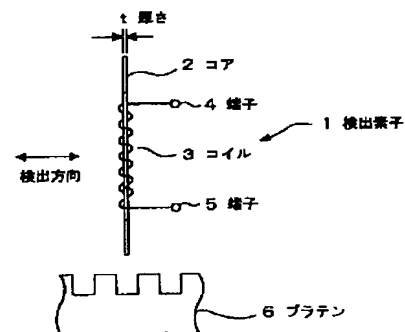
本実施の形態の検出コイルの基本的形状と配置を示す平面図

14

\* 6 プラテン、d 幅、h 高さ、P ピッチ、G ギャップ、t 厚さ、7 検出コイル、8 コア、9 コイル、d1 幅、10 検波回路、OSC1 高周波発振器、L1 検出コイル、R1 直列抵抗器、11 (L1, L2) 検出コイル、12, 13 検波回路、14 差動回路、15 アンプ、16 コンパレータ、17 (L1, L2, L3, L4) 検出コイル、18 差動検出回路A、19 差動検出回路B、20, 21 検出コイル、22, 23, 24, 26, 27 検波回路、24, 28 差動回路、25, 29 アンプ、30 内挿回路、31, 33 増幅回路、32, 34 A/D変換回路、35 ROM、36 処理回路

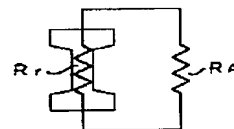
10

【図2】



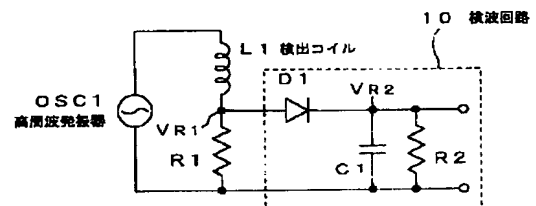
本実施の形態の検出コイルの基本的形状と配置を示す側面図

【図4】



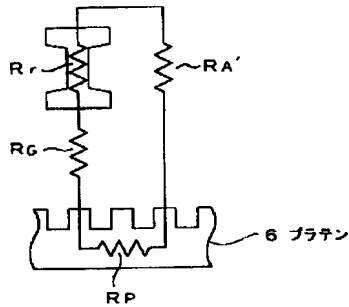
本実施の形態の検出コイルの動作原理の磁気回路を示す図

【図7】



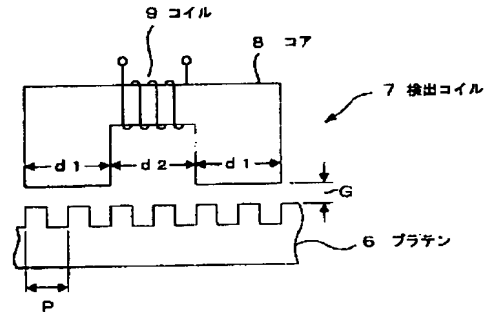
本実施の形態の検出回路を示す図

【図5】



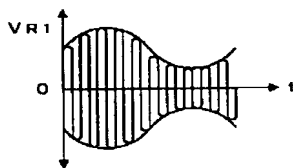
本実施の形態の検出コイルの動作原理の空気中の経路を考慮した磁気回路を示す図

【図6】



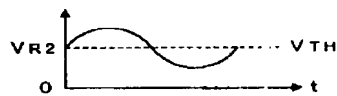
本実施の形態の効率の良い検出コイルのヨーク形状を示す図

【図8】



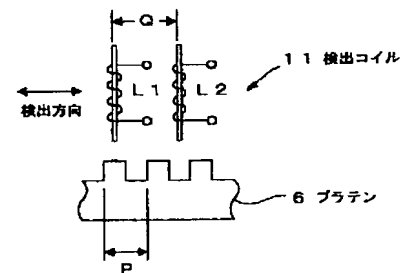
本実施の形態の検出回路の信号波形を示す図

【図9】



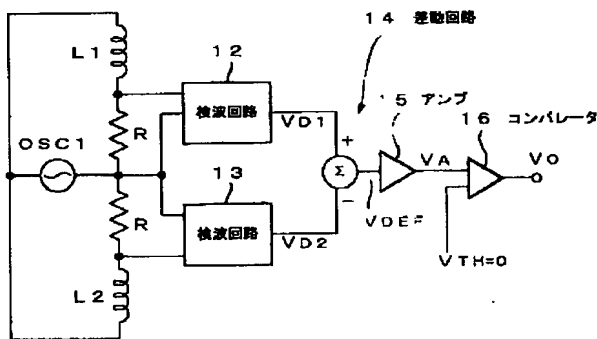
本実施の形態の検出回路の信号波形を示す図

【図10】



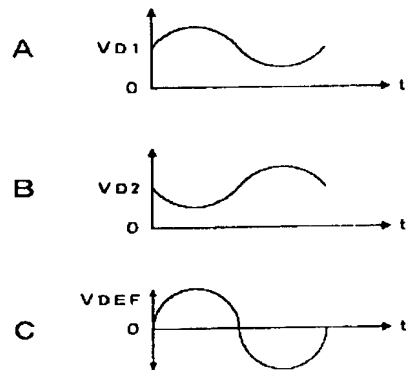
本実施の形態の実用的な検出コイルの配置を示す図

【図11】



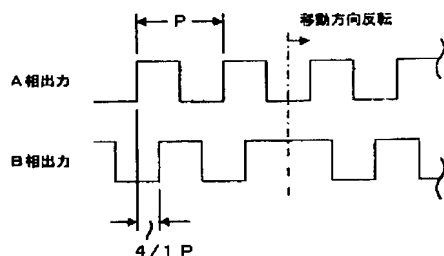
本実施の形態の差動検出回路を示す図

【図12】



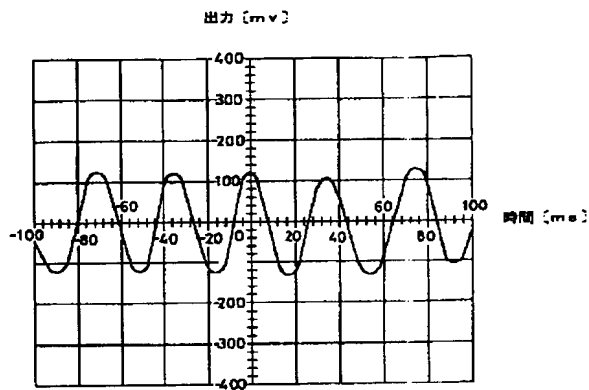
本実施の形態の差動検出回路の信号波形を示す図

【図16】



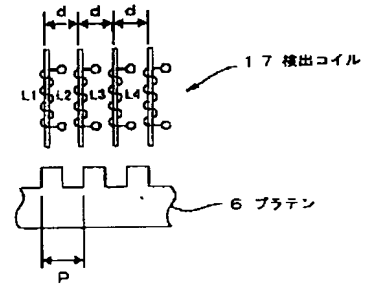
本実施の形態の2相出力信号波形を示す図

【図13】



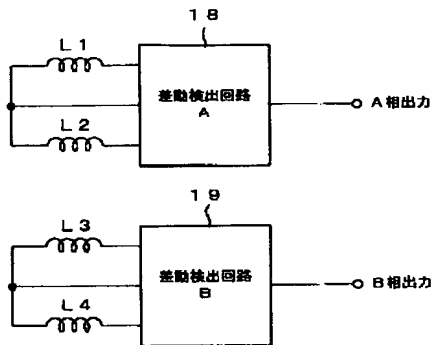
本実施の形態の差動検出回路の  
アンプ出力電圧の検出信号波形を示す図

【図14】



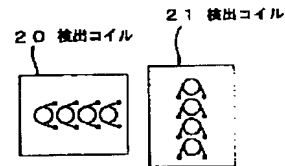
本実施の形態の2相出力のための  
検出コイルの配置を示す図

【図15】



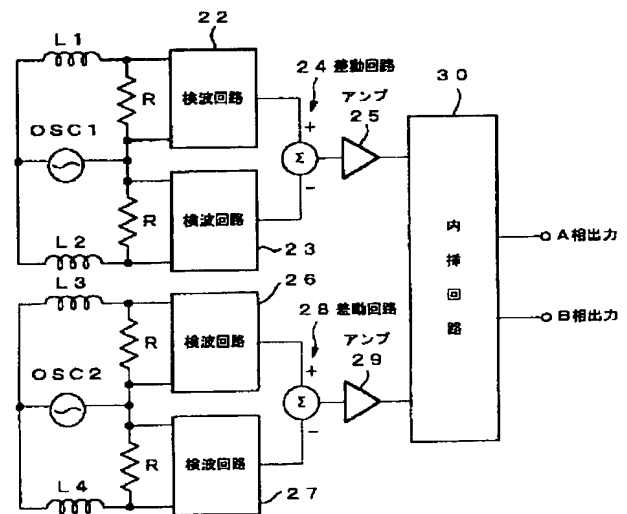
本実施の形態の2相出力のための  
エンコーダ出力回路を示す図

【図17】



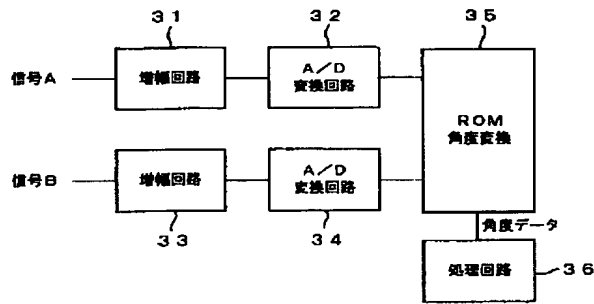
本実施の形態の2次元センサとしての  
検出コイルの配置を示す図

【図18】



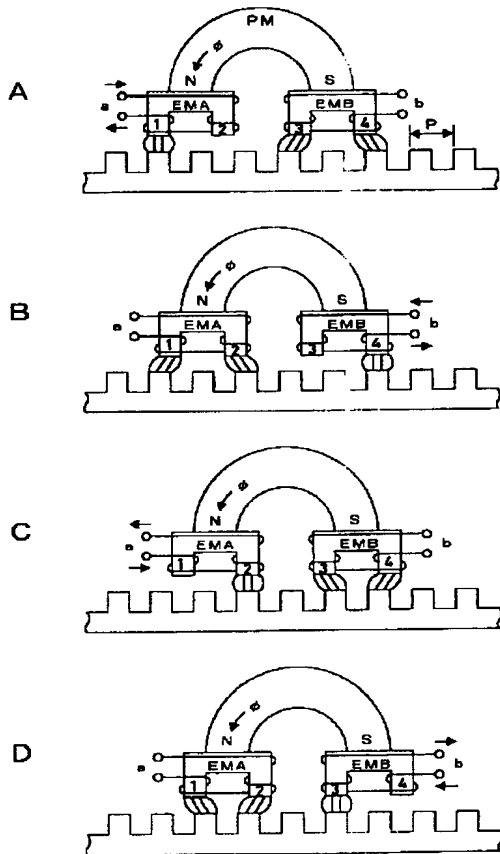
本実施の形態の高分解能  
エンコーダ出力回路を示す図

【図19】



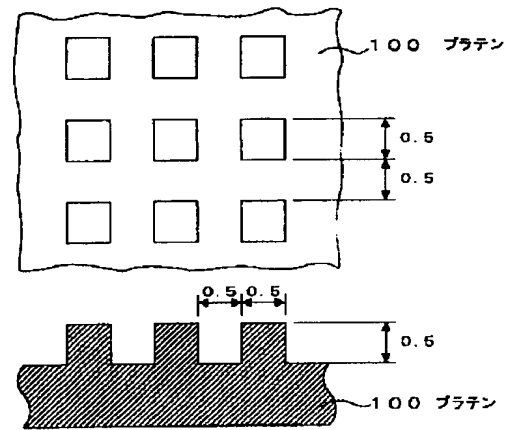
本実施の形態の内挿回路の構成を示す図

【図21】



従来の2次元LPMの動作図を示す図

【図20】



従来の2次元LPMの固定側ヨーク(プラチナ)の構造を示す図